Можно ли создать массу из энергии?

Безверхний Владимир Дмитриевич.

Украина, e-mail: bezvold@ukr.net

Согласно А. Эйнштейну [1]: “Масса тела есть мера содержания энергии в этом теле…”.

То есть, если у нас есть определенное количество энергии, то мы неизбежно получаем массу - масса тела есть одна из форм энергии (Эйнштейн).

Чтобы точно понять, как масса создается из энергии, мы рассмотрим протон и нейтрон, состоящие из трех разных кварков. И что важно: масса протонных кварков составляет всего 1 % от реальной массы протона, а масса нейтронных кварков составляет 1.3 % от реальной массы нейтрона. В этом примере мы воочию увидим, как природа создает массу составных частиц, таких как протон и нейтрон.

Но, сначала вспомним атом водорода Бора, в котором электрон по орбите движется со скоростью $v = 2.188 * 10^6$ м/с. Естественно, что масса электрона в этом случае возрастает до значения $m = 9.109626 * 10^{-31}$ кг.

$$m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{0,5}$$

m_0 – масса покоя электрона, $m_0 = 9.1093837 * 10^{-31}$ кг.

Особенно важно, что эта релятивистская добавка массы электрона (Δm) в точности равна энергии связи атома водорода (ионизационному потенциалу) [2].

$$\Delta m = m - m_0$$

$$E = \Delta m * c^2 = 2.1799567 * 10^{-18} \text{ J} = 13.606 \text{ эВ}$$

Δm — дефект массы электрона на боровской орбите.

Это означает, что при образовании связанной системы электрона и протона (атома водорода) энергия связи выделяется во внешнюю среду (это важно!). Более того, именно эта энергия буквально “рождается” дефектом релятивистской массы электрона на боровской орбите.

Теперь рассмотрим протон, состоящий из трех разных кварков. Предположим, что эти кварки движутся с некоторыми различными скоростями. Согласно теории относительности масса всех трех кварков увеличится.

Напомним теперь, что добавление массы электрона в атоме водорода выделяется во внешнюю среду в виде энергии связи.

Но, кварки не могут существовать вне протона (в отличие от электрона и протона, которые могут существовать отдельно — их можно удалять друг от друга до бесконечности).

Поэтому “энергия связи” от дефекта релятивистской массы для кварков будет выделяться во “внутреннюю среду”, то есть внутрь протона. Кварки не могут выделять энергию во внешнюю среду, так как они не существуют во внешней среде.

Следовательно, вся энергия, генерируемая движением кварков, останется внутри протона.

А так как “масса... есть мера содержания энергии... в теле” [1], то протон будет иметь определенную массу по формуле:

$$E = m(p) * c^2$$

$$m(p) = E / c^2$$

где E — энергия протона (энергия покоя),

m(p) — масса покоя протона,

c - скорость света в вакууме.

Энергия, как и импульс, является аддитивной величиной (в отличие от массы). Следовательно, энергия протона (E) будет состоять из трех энергий соответствующих кварков:

$$E = E1 + E2 + E3$$

$$E1^2 = (p1 * c)^2 + (m1 * c^2)^2$$

$$E2^2 = (p2 * c)^2 + (m2 * c^2)^2$$

$$E3^2 = (p3 * c)^2 + (m3 * c^2)^2$$

где p, m, E1, E2, E3 — импульс, масса покоя и энергия соответствующих кварков.

Все сказанное будет аналогично для нейтрона и вообще для любой системы связанных частиц типа кварков (которые не могут существовать вне связанной системы).

1. Einstein A. Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? Ann. Phys. 1905. Vol. 18 [323]. P. 639—641.

2. Bezverkhniy V. D. Bohr Model of the Atom, Mass Defect and Chemical Bond. SSRN Electronic Journal, 5 Dec 2022. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4257744 https://vixra.org/abs/2210.0126